下载APP

05 | 密码学：为什么说区块链站在了巨人肩膀上？

2021-07-30 赵铭

《说透区块链》 课程介绍 >

讲述：赵铭
时长 16:51　大小 15.44M

你好，我是赵铭。

在数字社会的今天，我们的工作生活离不开密码学，可以说离开密码学，我们就像是在网络世界中裸奔，毫无隐私可言。然而普通大众可能对密码学知之甚少，它就像是一位低调的守护者，默默维护着网络世界的安全。

区块链中也大量使用了密码学算法，前面课程里我们就多次提到过。比如哈希算法以及区块链存储中讲过的交易签名，它们都属于密码学算法。那今天这一讲，我就为你详细讲讲区块链中常用到的密码学算法。

密码学与区块链

在深入密码学算法的学习之前，我想先为你理清密码学与区块链的关系。中本聪在比特币白皮书中开篇就说，比特币是基于密码学构建的去信任数字货币。我认为他把密码学与区块链的关系说得很清楚，**密码学是因，区块链是果**。

怎么理解他们之间的这种因果关系呢？可能有的同学会认为是区块链需要有可追溯，不可篡改等特性，所以中本聪才设计了几种密码学算法去支撑他的构想。但这是完全错误的，属于颠倒黑白的想法。

密码学是先于区块链产生的基础学科，有完备的理论及技术体系。是中本聪及其先行者们在理解及运用密码学的过程中，看到了基于密码学创造数字货币的可能性。正因为哈希算法有校验数据完备性的能力，中本聪才会想到利用区块哈希前后关联形成区块链；也是因为数字签名有证明所有权的能力，所以才会基于数字签名去证明数字货币所有权问题。

基于以上的分析，我想你已经明白区块链之所以有独特的性质，是因为密码学中的某些算法已经有了这些性质的雏形，只不过是区块链是将这些算法加以揉和，最终以一个整体呈现给我们。

理清楚了密码学与区块链是什么关系，我们再来说说区块链中的密码学，区块链用到的密码学算法有很多，且不同的区块链使用的算法也有所差异。

但总的来说，你只需要理解两类基本算法就可以，那就是**哈希算法以及非对称加密算法**，而且学习密码学跟学习其他技术不太一样，理解密码学原理需要深厚的数学功底。

其实工程师完全可以把密码学当作黑盒，你不需要太关注其技术原理，而只需要理解它的特性以及应用场景就可以了。

哈希算法

我们先一起看看之前提及比较多的哈希算法，**哈希算法又称散列函数，它可以将任意长度的数据转换成短的、固定长度的数据指纹**。

其实哈希算法不是只有一个固定的实现，而是一类算法的统称，比如常用的有 MD5 跟 SHA-256。要评判一个哈希算法是否足够优秀，我们有 4 个标准：正向快速、逆向困难、输入敏感和避免碰撞。

正向快速

什么是正向快速呢？这点很好理解，**如果给定信息和算法规则，可以在有限的时间内计算得到信息的哈希结果**。你说你设计了一个优秀的哈希算法，结果一次计算过程就花了好几秒，那只能说你的设计不够优秀，虽然时间有限，但根本没办法在真实场景中使用。

为了能给你更直观的感受，我专门写了一个程序，测试我们常用到的 MD5 跟 SHA-256 这两个哈希算法的计算到底有多快。

复制代码

```
package main

import (
    "crypto/md5"
    "crypto/sha256"
    "fmt"
    "sync/atomic"
    "time"
)

func main() {
    data := []byte("极客时间") // 明文数据

    // 两个计数
    md5Count := int64(0)
    sha256Count := int64(0)

    go func() {
        for {
            md5.Sum(data) // MD5哈希计算
            atomic.AddInt64(&md5Count, 1) // 原子计数+1
        }
    }()

    go func() {
        for {
            sha256.Sum256(data) // SHA-256哈希计算
            atomic.AddInt64(&sha256Count, 1) // 原子计数+1
        }
    }()

    time.Sleep(time.Second) // 等待1秒

    // 输出结果
    fmt.Printf("md5 count: %d\n", md5Count)
    fmt.Printf("sha256 count: %d\n", sha256Count)
}

```

```
// 计算结果
// md5 count: 10064932
// sha256 count: 5727246
```

可以看到，最终得到的结果是非常给力的，在大概 1 秒钟的时间内，MD5 计算了 1000 万次，而 SHA-256 算法也计算了 500 万次。

我这里仅仅是用了一台普通的电脑，如果是在服务器上跑，相信结果会更震撼。通过这个测试，相信你对正向快速这个标准的解读应该足够清晰了。当然单纯分析哈希算法的计算速度是没有意义的，还是要将其带入到具体的业务场景中，此处只是给你一个直观的印象。

逆向困难

接下来我们看第二个标准，那就是**如果给定哈希结果，在有限的时间内基本不可能逆推出原始信息**。也就是说一个优秀的哈希算法是不可能通过密文反推明文的，这也就是不可逆的根源。

我们来举个例子：

复制代码

```
# echo "极客时间" | md5sum
e0aac893629b048e8797800294f55004
```

这是我在电脑的命令行中执行的一条命令，得到了“极客时间”的 MD5 哈希值。

想象一下，如果我不告诉你 e0aac893629b048e8797800294f55004 是“极客时间”的 MD5 哈希结果，你能通过这段字符，反推出它代表的明文是“极客时间”吗？

不光你懵，我想计算机看到这问题也会懵，因为计算机只能通过穷举去猜结果。

当然，并不是说哈希算法就是不能够被破解的。相反，MD5 哈希可以说已经被变相破解了，既然逆向困难，那我提前穷举常见的数据组合存起来，有破解需求的时候我再回头查就好了，简单而又粗暴。

我通过 cmd5.com 查了一下“极客时间”的哈希值，发现还未被收录，说明暂时还是安全的。但现已不推荐使用 MD5，区块链中通常使用的是 SHA-256，它的安全性较高。

输入敏感

我们再看另一个标准，就是**原始信息即使发生一丁点的变化，重新计算的哈希值与之前比较都应该有很大的不同**。

这个标准主要是降低原始信息被部分推断的风险。如果新产生的哈希值与之前的相差不大，计算机就可以利用差异去推断变化，相比穷举，困难度当然是降低了，而这却是不被允许的。

还是来看一个例子：

复制代码

```
# echo "极客时间 " | md5sum
a9dad13b05a8ee28df851dbcb87f3a3b
```

我通过在“极客时间”后面多加了一个空格，得到的哈希值跟上一个例子中的结果对比，肉眼可见有很大不同。你也可以自己在电脑上试一试，看看结果是否一致。

避免碰撞

你可能就会有疑问，以 MD5 算法为例，任意数据信息经过哈希算法后都可以得到 32 位哈希值，那不会重复吗，毕竟 32 位哈希值能表现的数据量是比较少的？

其实你只说对了一半，32 位在计算机中是用 128 位二进制数表示的值，所以实质上 MD5 哈希能表示的数据有 2^{128} 个那么多，你如果去算一算就会发现，这其实是一个很大的数字。如果你仍然认为不够保险，那还有更高位数的算法可以选择，比如 SHA-256 及 SHA-512 等。

当然，表示的数据量大，并不代表着就不会有两个不同的数据得到相同的哈希值，这确实在实践中已经出现过。所以，**在设计哈希算法时，应该避免不同的明文信息产生相同的哈希值**。

区块链中的哈希

现在我们了解了优秀哈希算法评判的 4 个标准，相信你对哈希算法的特性已经有所认识了。那区块链中是怎样应用哈希算法的呢？我们接着往下说。

因为哈希算法相当于是对信息提取摘要，是数据的指纹，因此经常被用于数据完整性的校验，而区块链在此基础上又做了适当的延伸。

区块链中用到哈希算法的地方主要是交易哈希和块哈希，主要功能就是校验交易及区块的完整性，以及充当区块链网络中交易及区块的唯一标识。说到这里，你有没有想到上一讲我留下的第二个讨论题？

没错，在区块链数据落盘的时候，我们就可以使用交易哈希、区块哈希分别作为交易及区块的数据主键，只要保持了数据与标识对应索引关系，就可以把交易跟区块存储在任意数据库中。

区块哈希还有另一个作用，区块属性中包含了前一个区块的哈希，从而构建成一条由区块哈希关联的数据链条，所以我们称区块链为哈希链也不为过。利用哈希算法对输入的敏感性，作恶者如想篡改区块链数据，必须从被修改处开始依次修改后续的全部区块，哈希算法的加入增加了作恶者篡改的成本，可以说是哈希算法成就了区块链单节点的不可篡改特性。

非对称加密算法

讲完哈希算法的内容，我们再将目光转向非对称加密算法。说到非对称，肯定有与之对应的对称加密算法。

顾名思义，对称与非对称体现在对密钥的处理上。对称表示加密和解密都使用同一套密钥。而非对称加密却不一样，分为公钥跟私钥，如果使用公钥加密，只有用对应的私钥才能解密，反之亦然。那既然有了对称加密算法，为什么还要发明非对称加密算法呢？

这里我用一个快递的例子帮你解惑。你在外地打拼，给远在老家的父母寄了一份珍贵的礼物，用一个精美的盒子做包装。为了礼物不被破坏，其实最好的方法就是你亲自送回家，但这不现实，你只好发快递。

而父母收到你的礼物非常高兴，他们立马也快递给你一些老家的土特产，用的正是你送礼物的那个盒子。就这样来来回回好几轮，原来精美的盒子已经变得残破不堪，甚至可以透过盒子看到内部的物品，也很容易丢失。

这个例子让我们形象地理解了对称加密的不足。其中礼物跟土特产就是需要交换的信息，而那个起初精美的盒子就是密钥。

对称加密算法要想保证密钥不被泄露，最好的办法是面对面协商，而且即便是面对面协商了密钥，后续也不能多次使用，否则使用次数越多，泄密风险越高，且不能保证中途没有其他人篡改。

还是用快递的例子，为了能保证快递物品不丢失，这次过年回家你给父母买了个快递保险箱，共两把钥匙，父母一把，你留一把。这样后续再寄快递时，就可以把物品放在保险箱中，这样就算用快递运输，也不用怕物品被调包了，因为除了你跟父母之外，没有人可以再打开保险箱。

这里的保险箱就相当于公钥，而钥匙就相当于私钥。这个“保险箱”方案，其实在密码学里就对应着非对称加密算法的思想。

非对称加密算法的密钥是一对，分为公钥跟私钥。公钥可以随便公开，而私钥需要私密保存，而只要私钥不被泄露，信息交换过程就是安全的。当然这个例子还是与非对称加密有所差异，**真正的私钥应该只有一份。**

非对称加密算法虽然解决了对称加密算法使用过程中遇到的问题，但其加解密的效率是远不如对称加密算法的。因此，在使用过程中常采用混用的方式，即明文数据采用对称加密算法进行加密，然后使用非对称加密算法加密对称加密的密钥和明文数据哈希，对方收到信息后，用匹配成对的另一个密钥解密数据并核对明文数据哈希，混用的方式可很好的平衡安全性与时效性。

非对称加密算法跟哈希算法一样，也是一类算法的统称。现用的比较多的是 RSA 跟 ECC 椭圆曲线加密算法，RSA 多用于互联网信息传输中，比如我们上网用到的 https 通信，而在区块链中基本都使用的是 ECC 类的变种，比如 ECDSA 跟 ED25519 等。相较于 RSA，ECC 密钥较短，在拥有更高安全性的同时还有更好的性能。

非对称加密算法的原理较为复杂，其推导过程是严密的数学推理，此处不再展开，你如果感兴趣，可以参考扩展阅读中的内容。

区块链中的非对称加密

了解了算法的特性，我们再回过头来看区块链中是如何使用非对称加密算法的。你如果之前了解过区块链，就会发现在区块链中，好像并没有哪个地方使用非对称加密对数据进行加解密。的确，**区块链中对非对称加密算法的使用并不是直接被用作数据加密，而是利用其具备身份确权的能力，也就是数字签名。**

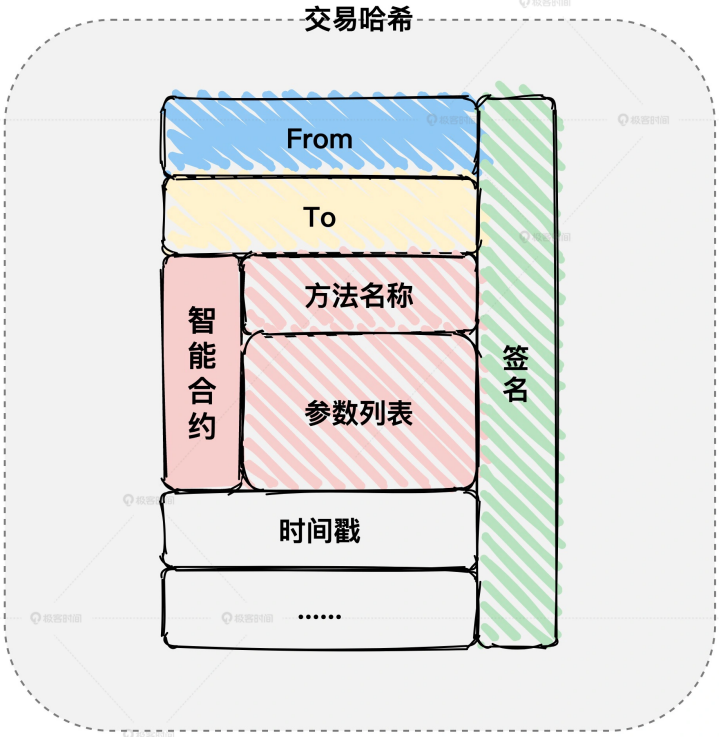
什么是数字签名？顾名思义，其实跟我们平常手写签名的概念及作用是一样的，都是用于证明你的身份，且对所签署的文件或者数据进行确认授权。

在诸如比特币以太坊等公有链中都有类似于地址、账户的概念，我们可以认为这就是区块链中的身份证，这个身份证不同于现实中需要政府统一颁发，而是分散的基于非对称加密算法的公钥的一种形变表示。

这里可以引申一个小知识点，**你通过数字货币手机钱包创建了一个账户，此时区块链网络并不知道，只有当你接收到一笔转账之后，网络中才有你这个账户的信息。**

那如何确认这个账户是属于你的呢？道理非常简单，只要你能证明你可以花费账户中的余额就可以了，而这证明的关键就在于数字签名。既然账户是公钥的形变表示，那么必定存在与之对应的私钥，且只存在你的手中。

那数字签名到底是怎样的原理呢？我结合上一讲交易结构中的交易签名来给你讲一讲。

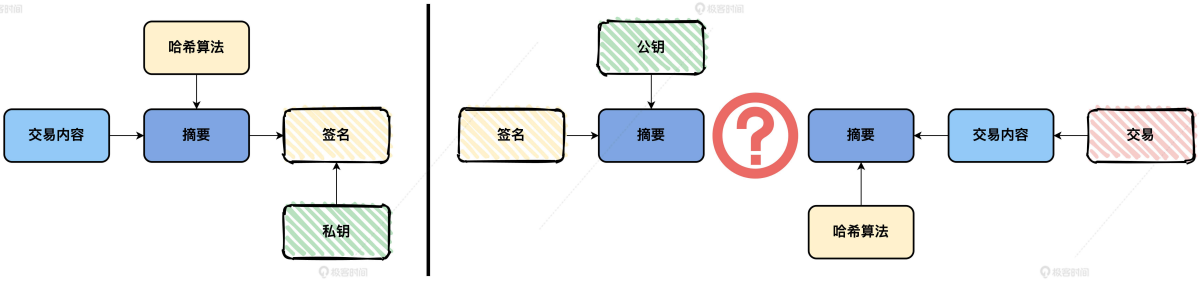


交易结构示意图

我们可以将交易结构分成两部分，左边部分是交易的基本属性，而右边只包括签名。

如果我们不看签名，其实左边部分已经能够基本表示交易的内容了，只是缺少了证明。因此我们将左边部分看作一个整体，然后对它进行哈希计算得到交易摘要，接着用你手中的私钥对交易摘要进行加密，而加密的结果就是交易的签名。

而如果要验证交易，只需要按照相反的流程进行就可以了，将交易签名使用对应的公钥解密得到签名中包含交易摘要，同时将明文的交易内容利用哈希算法再计算交易摘要，然后将签名中的交易摘要与自主计算的交易摘要进行对比，如果匹配，则表示交易验证成功。



数字签名示意图

数字签名的本质也是一种加密，只不过针对的是数据的哈希摘要，并不是数据本身。这么做有什么好处呢？主要有两点，一方面证明了确实是你自己构建的这笔交易，因为其他人没有你的私钥，无法假冒。另一方面，因为数字签名是有哈希算法参与的，因此也继承了哈希算法的特性，能保障交易的完整性，确保了交易不会被他人无故篡改。

总结

这一讲我从哈希算法跟非对称加密算法为出发点，为你浅析了区块链中常用到的密码学算法。

哈希算法被用来抽象交易哈希跟区块哈希，除了用于保证数据完整性外，还能用来构建由区块哈希关联的哈希链条，增加作恶篡改的成本。

区块链中使用非对称加密算法并不是直接用于数据加密，而是主要用作交易签名，数字签名集成了哈希算法与非对称加密算法的双重特性，在保证交易完整性的同时，还能证明交易发起者的身份。

区块链中并不是只用到了哈希跟非对称加密，几乎所有的区块链都在此基础上做了些许的衍生，比如追求隐私交易的 ZCash 就引入了密码学中的零知识证明，专注于隐私计算的区块链就引入了同态加密等等。

密码学的知识浩如烟海，现在区块链用到的只是冰山一角。通过今天的学习我们可以发现，正因为有了密码学的加持，区块链就好像站在了巨人的肩膀上。

1.密码学是一门研究将明文信息加密处理与传递，以及解析加密信息的基础学科。

2.信息的安全应依赖于密钥的保密，而不是加密算法的保密，这是现代密码学设计的基本原则。

3.哈希算法可用于保证数据完整性外，还能用来构建由区块哈希关联的哈希链条，增加作恶篡改的成本。

4.区块链中不直接使用非对称加密算法，而是使用数字签名。

说透区块链

赵铭 | 区块链服务平台资深架构师

识别二维码
免费试读

讨论

1. 你通过数字货币手机钱包创建了一个账户，此时区块链网络并不知道，只有当你接收到一笔转账之后，网络中才有你这个账户的信息。你知道这是为什么吗？
2. 如果说数字签名是公钥对信息摘要加密而产生的，结果会怎么样？还会有现在这种效果吗？

扩展阅读

对于密码学整体发展的历史，你可以参考密码学初探。

这一讲重点讲解了区块链中最常见、最基础的密码学算法，想了解更多关于区块链中涉及的密码学的门类，可以阅读 V 神列的知识清单。

如果你看得还不过瘾，想了解文中介绍的密码学算法原理，可以参考这几篇文章：哈希算法原理，RSA 加密算法原理以及ECC 椭圆曲线加密算法介绍。

欢迎你在留言区跟我互动，主动思考、积极交流会让你更有收获。如果这一讲对你有帮助，也欢迎你分享给自己的朋友、同事。

我是赵铭，我们下一讲再见。

分享给需要的人，Ta订阅后你可得 20 元现金奖励

赞 2 提建议

© 版权归极客邦科技所有，未经许可不得传播售卖。 页面已增加防盗追踪，如有侵权极客邦将依法追究其法律责任。

上一篇 04 | 存储：区块链的存储设计有定式吗？

更多课程推荐

精选留言 (2)

写留言

姚莉莉
2021-08-01

讨论一，没有理解题目题目的意思。就像我有一张身份证，我从来没有参与转账、交易，银行系统自然也不知道我的存在，不知道我的身份。颁发身份证的是公安局，记录交易的是银行，本来就是两个系统。我没有做第一步交替之前，银行不知道我的信息，（都没有开户）不是很正常吗？

展开

姚莉莉
2021-08-01

对于讨论2，主要就是理解私钥代表了所有权，证明身份的基石。公钥是给公开给别人（张三、李四，王五都知道）的，拿公钥对数据哈希值做加密运算，不能提现是张三、李四，还是王五操作的。就没有“签名”的意义了。